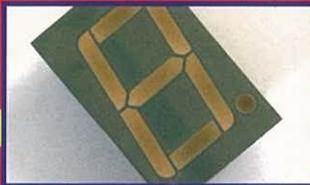
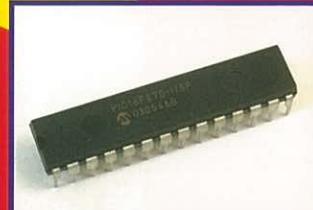
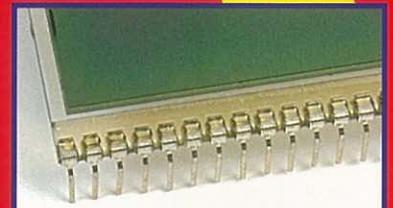
...e costruisci il tuo **LABORATORIO DIGITALE**

6,90 €

5

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41005

Peruzzo & C.

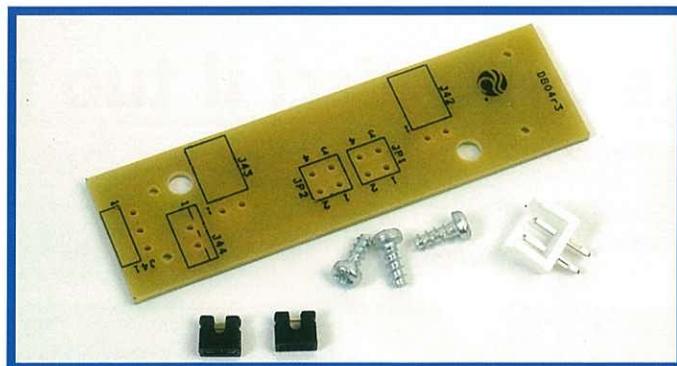
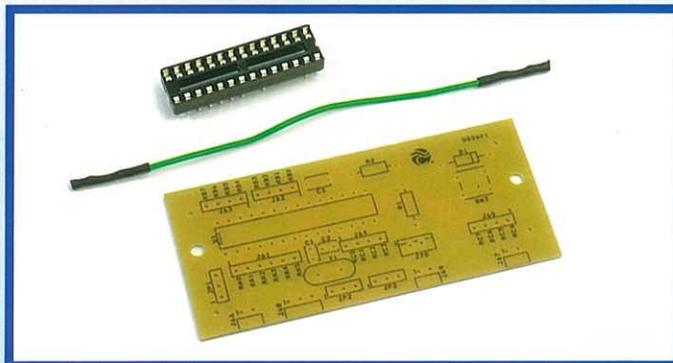
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

- 1 Scheda DG04R3
- 1 Connettore maschio da c.s. dritto a 2 pin
- 3 Viti
- 2 Ponticelli isolati

IN REGALO nel prossimo fascicolo

- 1 Circuito stampato PIC PG06r1
- 1 Zoccolo DIL 28 pin
- 1 Cavetto flessibile con terminali femmina

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

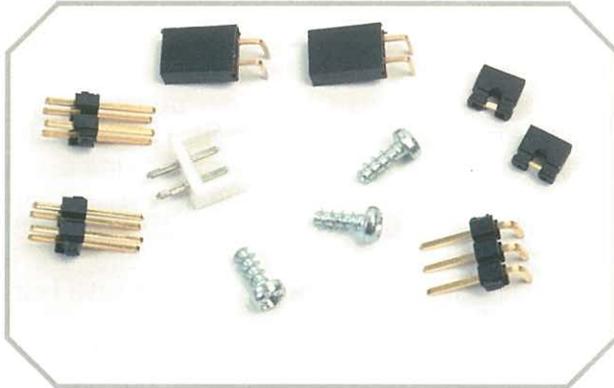
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:
elettronicadigitale@microrobots.it

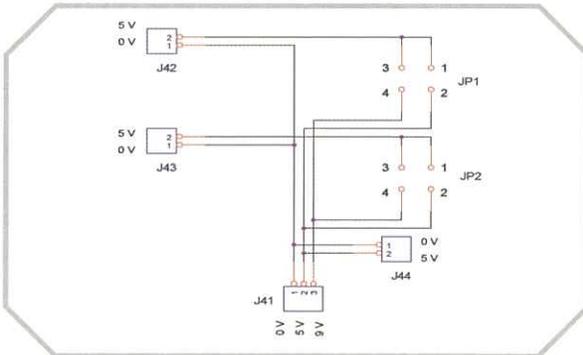
Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

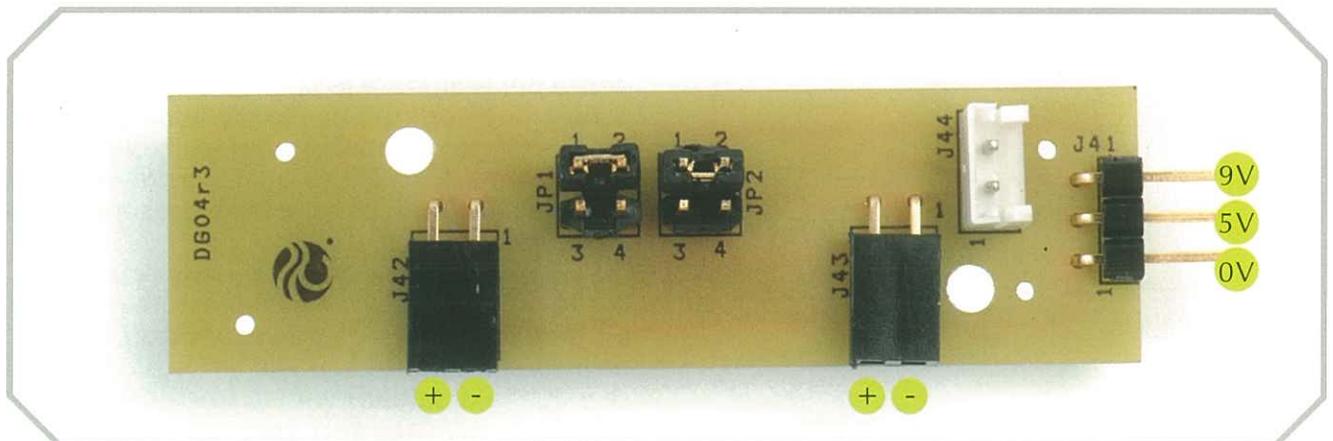
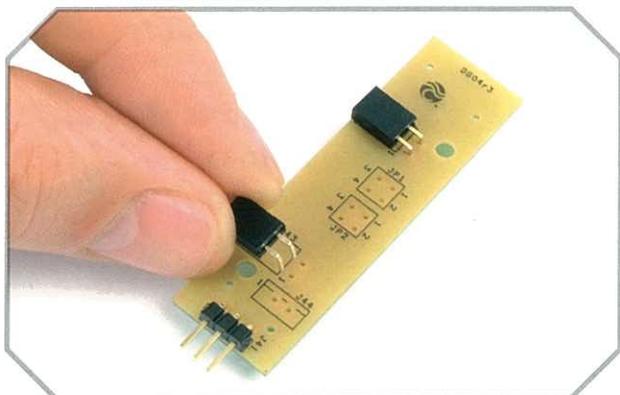
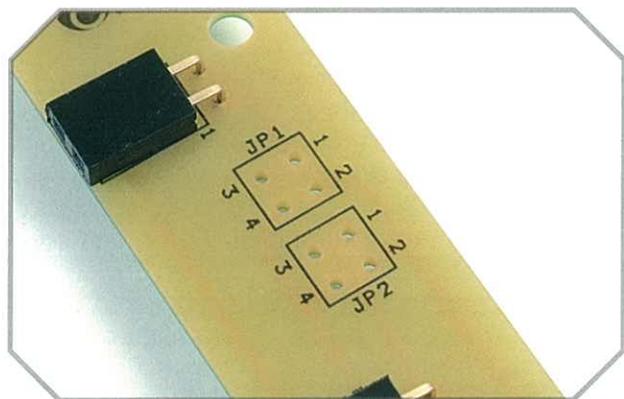
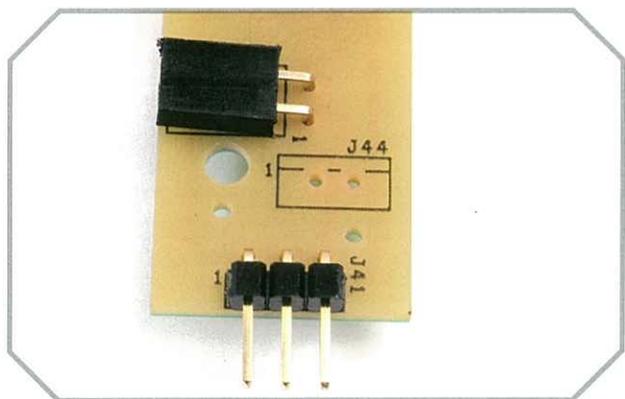
Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Connessioni tramite saldatura

Materiali del circuito stampato alimentazione 1.

Con questo fascicolo il laboratorio dispone dei due circuiti stampati completi, quello corrispondente al display doppio e quello di alimentazione 1. Viene fornita la scheda DG04 corrispondente a quest'ultimo circuito stampato, il resto dei componenti dello stesso e tre viti con cui si fisseranno entrambe le schede al pannello principale del laboratorio. La maggior parte dei componenti necessari vi è già stata fornita nei numeri precedenti.

Schema elettrico.

Alimentazione 1

Questo circuito si utilizza per alimentare i circuiti stampati DG01, display doppio a 7 segmenti e il circuito DG02 che ospiterà i codificatori BCD/7 segmenti. Questo circuito stampato contiene solamente elementi di connessione. Quando il laboratorio sarà completo, riceverà l'alimentazione tramite il connettore J41, che ha tre terminali, il primo corrispondente allo zero dell'alimentazione e possiamo denominarlo negativo, il secondo corrispondente all'ingresso da 5 V, anche se questa tensione viene ridotta a 4,5 V quando ci si alimenta dalle batterie, e infine, il terzo che è quello di alimentazione a 9 V.

Distribuzione dei terminali del circuito DG04.

Il primo passo
è la saldatura dei connettori più bassi.

JP1 e JP2 indicano la zona dove verranno
montati i ponticelli di selezione delle tensioni.

Il connettore J44
corrisponde all'alimentazione da 5 volt.

Montaggio

Il connettore di colore bianco, con sigla J44, è collegato ai terminali 1 e 2 del precedente, e può essere utilizzato in due modi. Quando il laboratorio sarà terminato, diventerà una presa ausiliaria da 5 V, inoltre, finché non vi sarà fornito il circuito stampato di distribuzione dell'alimentazione, lo utilizzerete per collegare il portabatterie e alimentare a 4,5 volt tutti i circuiti installati nella zona 1.

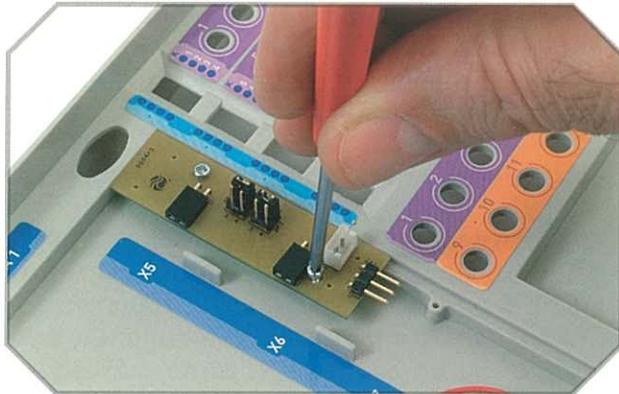
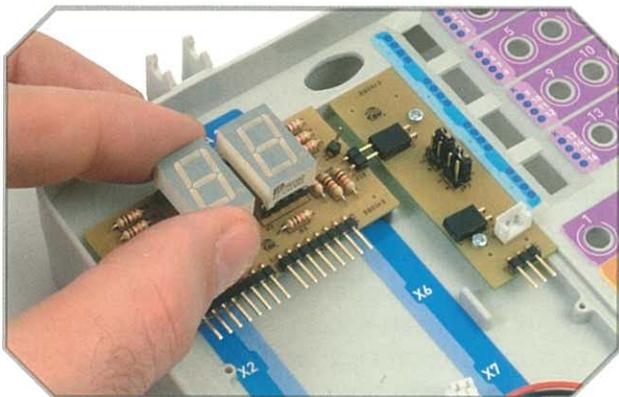
Selezione di tensione

I connettori femmina J42 e J43 si utilizzano per alimentare i circuiti stampati DG01 e DG02 rispettivamente. In entrambi i casi il terminale 1 corrisponde a zero volt e il terminale 2 al positivo dell'alimentazione. La tensione sul terminale 2 si può selezionare tra 5 o 9 V, oppure, se lo si desidera, può essere scollegata con i ponticelli di selezione. Questi ponticelli sono segnati come JP1 e JP2. JP1 controlla il positivo dell'alimentazione di DG01, mentre JP2 compie la stessa funzione con DG02. Il funzionamento è lo stesso in entrambi i casi. Quando il ponticello non è collegato, il circuito stampato DG01 o DG02 non riceve alimentazione, se vengono montati collegando i terminali 1 e 2 di ogni ponticello, l'alimentazione sarà da 4,5 o 5 V e se si collegano tra 3 e 4, sarà da 9 V. Quest'ultima scelta sarà possibile solo quando anche il secondo portabatterie sarà montato sul circuito di distribuzione dell'alimentazione.

Montaggio di DG04

Dopo aver verificato tutti i componenti, dovremo procedere al loro montaggio sul circuito stampato, ricordando i consigli dati in precedenza per realizzare le saldature.

Avremo bisogno di un piccolo saldatore e del filo di stagno per applicazioni elettroniche. Vi consigliamo di scegliere quello sottile da 0,5 mm, ma la cosa più importante è che sia di buona qualità.

Salderemo i componenti di minore altezza, che in questo caso sono il connettore maschio a tre terminali, J41 e i due connettori femmina a due terminali, J42 e J43. La via più semplice è quella di saldarli uno ad uno, inserendo i terminali nei loro fori corrispondenti sulla scheda e, prima di girare quest'ultima, fermare il connettore con delle piccole pinze

Il circuito DG04
si fissa sulle torrette segnate come X5 e X6.

La scheda DG01
si collega prima di chiudere le viti di DG04.

Per la scheda DG01
è sufficiente una sola vite di fissaggio.

appoggiando la scheda su una superficie resistente al calore per eseguire la saldatura; non si deve fermare con la mano, dato che, a volte, la plastica può raggiungere una temperatura sufficiente per bruciare le dita.

Continueremo saldando il connettore di colore bianco facendo molta attenzione all'orientamento, dovrà essere saldato come nelle foto, ovvero, con la parte più aperta rivolta verso il connettore J41.

Infine, salderemo i due connettori verticali sui quali, in seguito, monteremo i ponticelli di selezione dell'alimentazione. Dato che questi elementi sono più alti degli altri, si possono tenere fermi facilmente capovolgendo la scheda e appoggiando i loro terminali su una superficie resistente al calore.

Prova

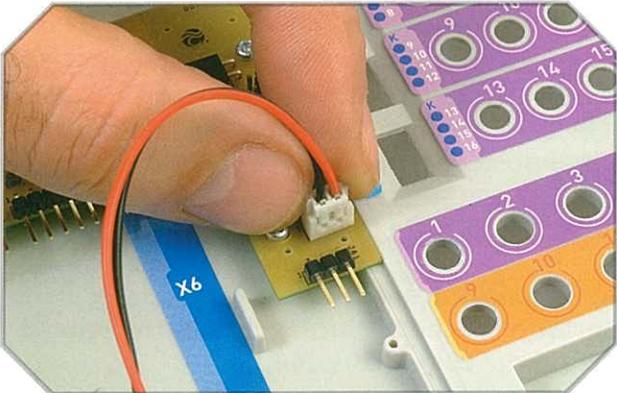
Una volta terminato il montaggio della scheda, occorrerà fare una piccola verifica della stessa, per controllare che ogni componente sia al posto giusto, che siano state realizzate tutte le saldature, che sia stata applicata la quantità corretta di stagno per ognuna di esse e inoltre, che non ci sia nessun falso contatto tra punti di saldatura vicini fra loro. È importante anche verificare il corretto orientamento del connettore J44.

Installazione di DG04

Eseguita la verifica del circuito stampato DG04, lo fisseremo con le due viti fornite sulle torrette forate della zona 1, segnate come X5 e X6. Utilizzeremo un piccolo cacciavite con punta a stella, ma non le stringeremo finché non avremo installato la scheda DG01.

Installazione di DG01

Per fissare la scheda nella zona 1 si utilizza una sola vite che si fisserà sulla torretta X1. Prima, però, bisogna collegare i terminali del connettore J13 della scheda DG01 col connettore J42 di DG04. Questa operazione deve essere realizzata con estrema attenzione affinché il collegamento sia corretto e porti i due circuiti stampati allo stesso livello. Dopo aver effettuato queta operazione daremo un paio di giri

Collocazione delle pile.

Il portabatterie, per il momento, si collega al connettore J44.

Prova della scheda DG01.

con il cacciavite. A questo punto chiuderemo le tre viti, senza forzare, dato che la loro unica funzione è quella di fissare i circuiti stampati nella loro sede.

Collegamento del portabatterie

Il connettore del portabatterie si collega, per il momento, con il connettore J44. Questo connettore si può inserire solamente in un verso e in modo abbastanza preciso, rimanendo ben fermo, al punto che, nel prossimo numero, vi spiegheremo una procedura per poterlo scollegare, se fosse necessario, senza causare danni.

Prova

Il circuito stampato DG01 può già essere provato, anche se vi raccomandiamo di aspettare fino al prossimo numero, in cui vi forniremo un cavetto di collegamento che facilita la realizzazione di questa prova. Tuttavia, inizieremo a preparare questa prova e spiegheremo come si può realizzare per accontentare i più impazienti.

Anzitutto collegheremo i due ponticelli di colore nero sui terminali 1 e 2 di JP1 e JP2, poi monteremo le tre pile da 1,5 V, in versione AA o R6, nel portabatterie, in modo che il negativo di ognuna di esse resti appoggiato alle molle. Realizzata questa operazione, devono rimanere tutti i segmenti spenti, dal momento che non abbiamo ancora eseguito alcun collegamento. Per provare ogni segmento e ciascun punto di ogni display, basta unire il terminale di prova T1 della scheda DG01 con ciascuno dei terminali dei connettori J11 e J12, passando per ognuno di essi, si deve illuminare un solo segmento o punto, se si collega un unico terminale di J11 o di J12. Se ciò non succede, bisogna verificare la polarità e lo stato delle pile, il montaggio dei display e il resto dei collegamenti di ogni scheda. Dovremo anche verificare i terminali dei display per vedere se, per caso, qualcuno di essi si è piegato.

Il terminale T1 è collegato direttamente al positivo dell'alimentazione della scheda del circuito stampato DG01. La tensione di alimentazione dipende dalla posizione dei ponticelli installati sui connettori JP1 e JP2. Il negativo arriva al display tramite le piste del circuito stampato.

Codificatore BCD/7 segmenti

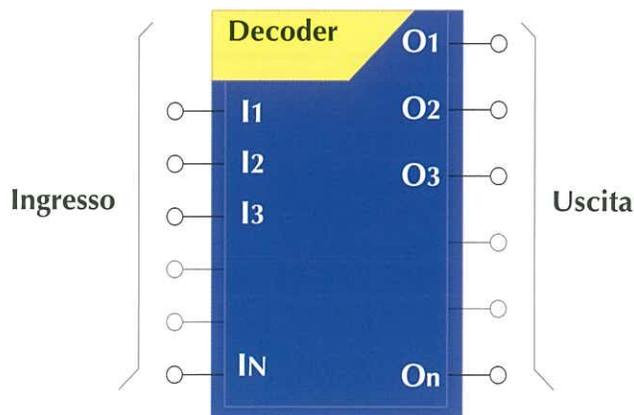
***A** volte i dati disponibili contengono l'informazione necessaria, però questa è rappresentata in un altro modo, seguendo regole di codificazione differenti da quelle che si utilizzano nel sistema, circuito o strumento dove li vogliamo utilizzare. I circuiti codificatori, chiamati anche decodificatori o semplicemente decoder, hanno il compito di ottenere l'informazione codificata nel modo corretto, e lo fanno accettando all'ingresso un segnale con un altro codice, mentre la circuiteria interna ha il compito di realizzare questo cambio di codice.*

Ingressi e uscite

Nei sistemi con ingressi e uscite binarie, il codificatore deve avere n uscite se si vogliono codificare N ingressi, in modo tale che si compia sempre la condizione in cui N sia minore o uguale a 2^n. Abitualmente si utilizza una tabella della verità, chiamata anche tabella funzionale, da cui si estraggono le funzioni di uscita.

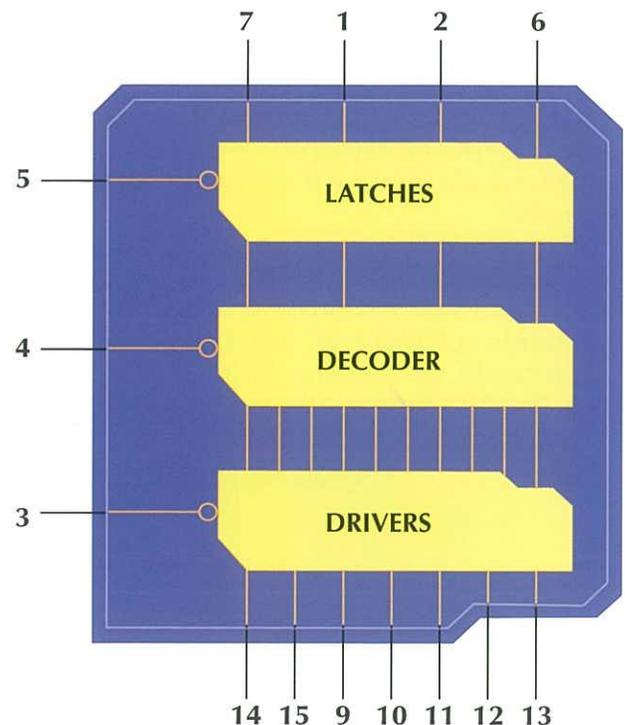
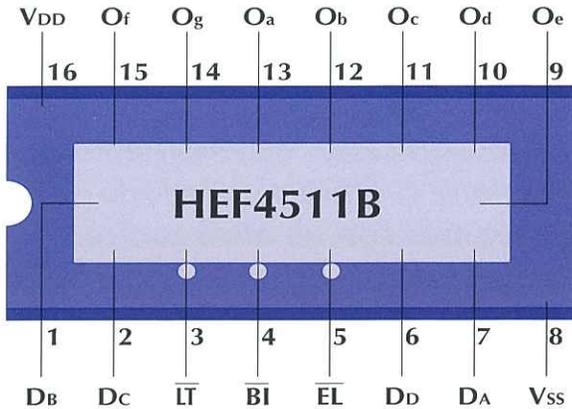
Codificatore BCD a 7 segmenti

Questi codificatori si utilizzano per ottenere i segnali necessari per determinare quali segmenti del display si devono illuminare per rappresentare in decimale il codice binario applicato all'ingresso del decodificatore.

Questo tipo di circuiti integrati ha 4 ingressi, ognuno dei quali corrisponde a un bit del gruppo di quattro che rappresenta il numero in binario, e 7 uscite utilizzate per pilotare i 7 segmenti utilizzati dal display per rappresentare i numeri da 0 a 9.

Codificatore con N ingressi e n uscite.

Vengono attivate simultaneamente tutte le uscite necessarie per rappresentare sul display il numero in decimale che corrisponde a ogni cifra, espressa nel sistema decimale, quando al suo ingresso si applica un codice binario da 4 bit che può variare tra 0000 e 1001.

4511

Questa è la denominazione generica di un circuito integrato CMOS della famiglia 4000, in cui, oltre al decodificatore BCD a 7 segmenti, vi sono altri circuiti addizionali che migliorano le funzioni del codificatore. Dispone di un latch di ingresso che

Schema a blocchi funzionale del 4511.

Distribuzione dei terminali del 4511.

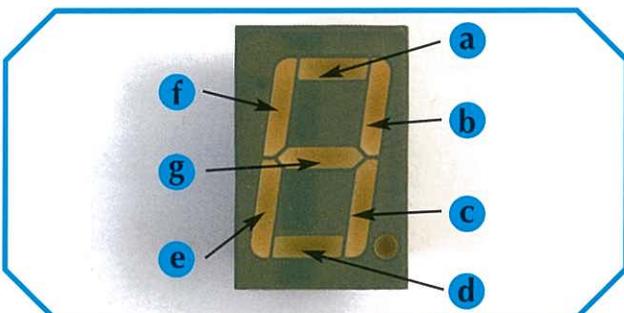
permette di memorizzare i dati d'ingresso e un driver all'uscita, il quale fornisce una corrente sufficiente per eccitare un LED, e può arrivare a erogare 25 mA. Con gli attuali LED ad alta efficienza raramente si superano i 5 mA.

Ingressi e uscite

Il dato di ingresso si applica ai terminali 7, 1, 2 e 6 che corrispondono a DA, DB, DC e DD, ovvero, i quattro bit di ingresso. L'uscita ha 7 terminali, 13, 12, 11, 10, 9, 15 e 14, che corrispondono a ciascuno dei 7 segmenti a, b, c, d, e, f e g, che si utilizzano per formare i numeri decimali da 0 a 9.

Terminali di controllo

Oltre ai terminali di ingresso e a quelli di uscita, ve ne sono altri tre che si utilizzano nel seguente modo:

Il terminale 5, indicato come /EL, si utilizza per memorizzare – quando viene impostato a livello alto – l'ultimo dato che in quel momento è presente sull'ingresso, con il quale si sta rappresentando un numero decimale che resterà fisso. Quando rimane a livello basso, il dato all'ingresso si applica al decodificatore e si rappresenta sull'uscita.

Distribuzione dei segmenti del display.

Circuito integrato 4511.

Il terminale 3, indicato come /LT, si utilizza come TEST, normalmente rimane a livello alto ed è inattivo, però, se viene impostato a livello basso, attiva in modo simultaneo le 7 uscite, con cui si illuminano i 7 segmenti; in quest'ultimo caso si verificano i collegamenti tra questo integrato, il display e i collegamenti delle resistenze limitatrici di corrente appartenenti a ogni LED del display. Nel caso in cui uno di questi collegamenti sia interrotto, il LED corrispondente non si illuminerà.

Il terminale 4, indicato come /BI, rimane normalmente a livello alto e, quando viene impostato a livello basso, a patto che il terminale 3 sia a livello alto, si spengono tutti i segmenti del display; questo terminale serve per progettare display multiplexati.

Alimentazione

Questo circuito si deve alimentare alla stessa tensione del circuito utilizzato per pilotarlo che, normalmente, è un contatore. Essendo della famiglia 4000, la tensione sarà compresa tra 3 e 12 V, abitualmente 5 V. Il terminale positivo è il 16, e quello negativo l'8.

FUNCTION TABLE

INPUTS							OUTPUTS							
$\overline{EL}$	$\overline{BI}$	$\overline{LT}$	D_D	D_C	D_B	D_A	O_a	O_b	O_c	O_d	O_e	O_f	O_g	DISPLAY
X	X	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	8
X	L	H	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	blank
L	H	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	L	0
L	H	H	L	L	L	H	L	H	H	L	L	L	L	1
L	H	H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	L	H	2
L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	L	L	H	3
L	H	H	L	H	L	L	L	H	H	L	L	H	H	4
L	H	H	L	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	5
L	H	H	L	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	6
L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	7
L	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	·H	8
L	H	H	H	L	L	H	H	H	H	L	L	H	H	9
L	H	H	H	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	blank
L	H	H	H	L	H	H	L	L	L	L	L	L	L	blank
L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	blank
L	H	H	H	H	L	H	L	L	L	L	L	L	L	blank
L	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	blank
L	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	blank
H	H	H	X	X	X	X				*				*

Note

1. H = HIGH state (the more positive voltage)
   L = LOW state (the less positive voltage)
   X = state is immaterial
   * Depends upon the BCD code applied during the LOW to HIGH transition of $\overline{EL}$.

Tabella delle funzioni del circuito integrato 4511.

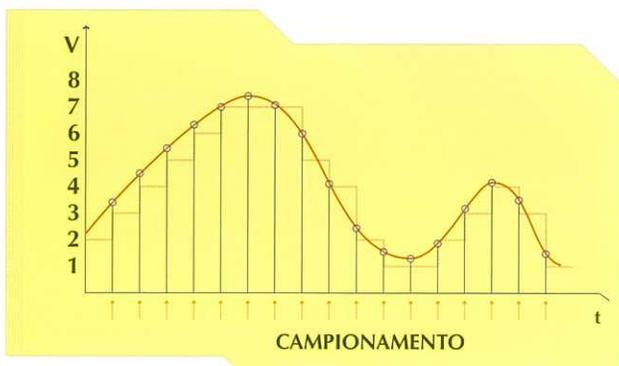
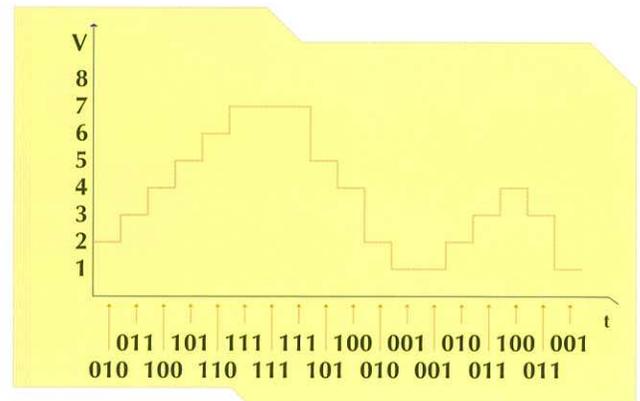
Conversione A/D

Abbiamo già parlato di alcune caratteristiche dei convertitori digitale analogico DA. Ora vedremo alcuni aspetti dei convertitori AD, ovvero quelli che realizzano la funzione inversa convertendo un livello di tensione in un codice digitale.

Campionamento e ritenzione

Come abbiamo appena detto, si tratta di convertire un livello di tensione, che è una grandezza analogica, in un codice digitale. Questa procedura è utile solo per alcuni tipi di applicazioni come, ad esempio, per misurare la tensione, la temperatura o qualsiasi altra grandezza analogica che si possa convertire in una tensione.

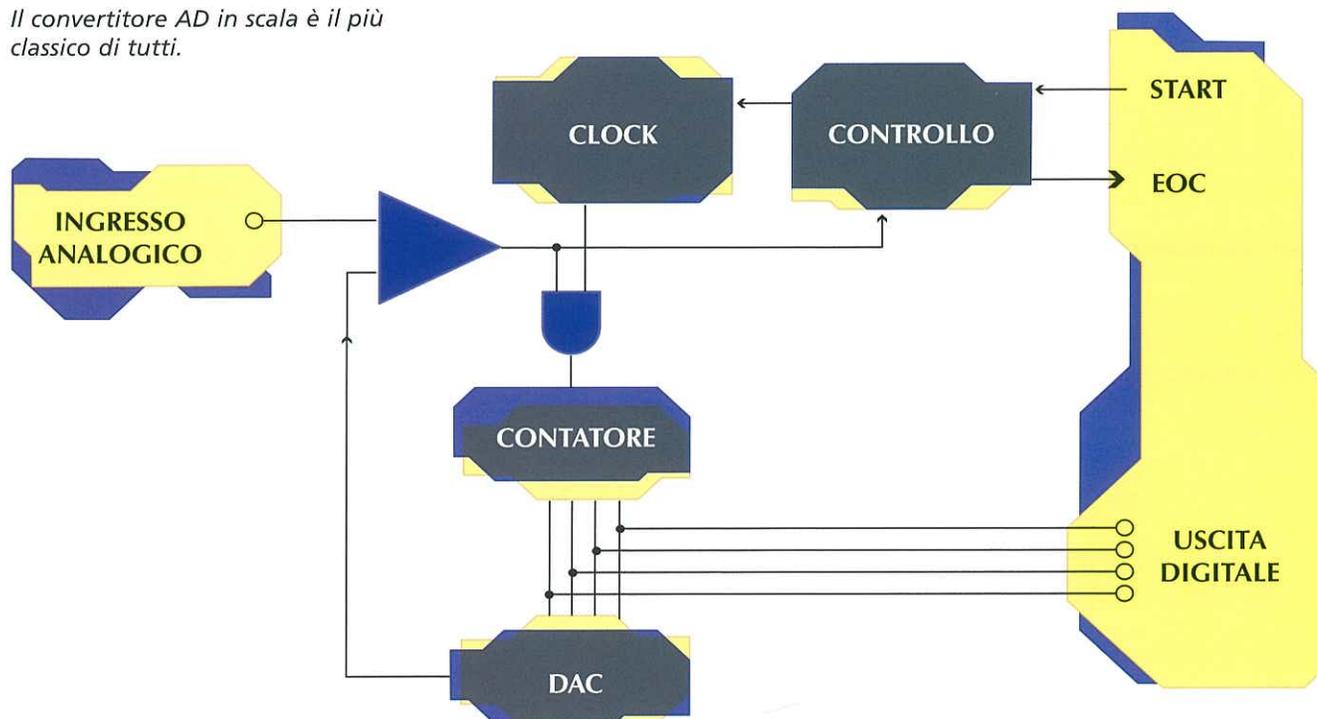
Per altri tipi di applicazioni, quando si vuole digitalizzare il segnale elettrico, fornito da un preamplificatore che contiene l'informazione audio ricevuta da un microfono, è possibile utilizzare la conversione, ma è necessario prendere periodicamente, nella maggiore quantità possibile, campioni di segnale. Una delle frequenze di campionamento utilizzate nel settore audio è nell'ordine dei 44 KHz, in pratica si esegue un campionamento ogni due microsecondi. Dobbiamo tener presente che il convertitore impiega un certo tempo nel realizzare la conversione, quindi sono necessari convertitori veloci per poter utilizzare frequenze di campionamento alte.

Per fare in modo che il convertitore funzioni e possa fornire correttamente il codice corrispondente a ogni campione, il livello di tensione deve essere mantenuto all'ingresso del convertitore fino alla fine del processo di conversione, dopodiché si può dare l'ordine di iniziare la conversione del successivo campione in codice digitale.

Il primo passo è prendere campioni del segnale.

La codificazione assegna i codici disponibili.

All'ingresso del convertitore bisogna realizzare un circuito di campionamento e ritenzione, che in inglese si chiama Sample and Hold.

Risoluzione

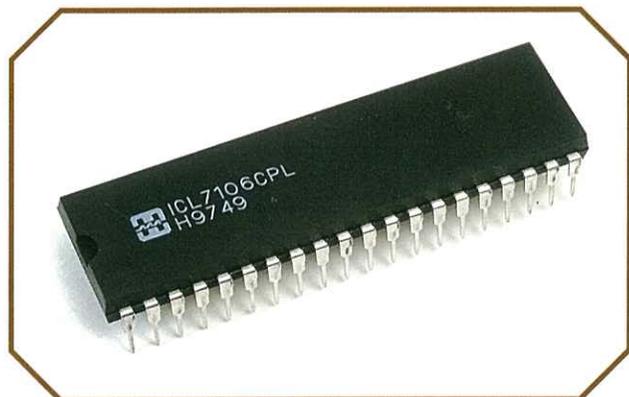
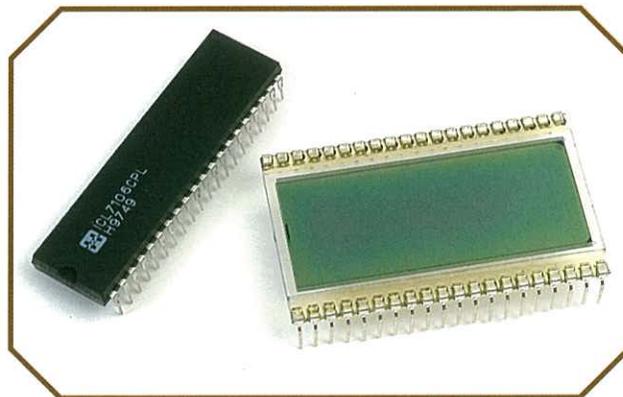
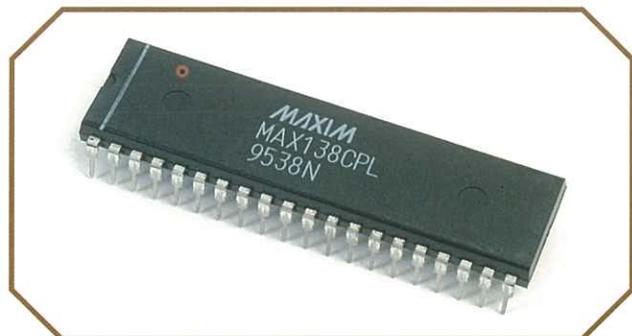
La velocità di campionamento per i dispositivi audio deve essere molto alta, come minimo il doppio della massima frequenza audio del segnale che si sta campionando. È necessario avere una buona risoluzione, cioè, molti bit di uscita. È facile capire che con soli 2 bit possiamo rappresentare 4 valori di tensione, con 3 bit 8 valori, con 4 bit 16 valori, e così via. Se la risoluzione con cui si esegue un campionamento è cattiva, il segnale riprodotto può essere molto differente da quello originale. In altre parole, se supponiamo che il massimo segnale applicato all'ingresso di un convertitore è di 10 volt e utilizziamo un convertitore che ha solo 4 bit, avremo 16 livelli di tensione; facendo un calcolo approssimato, dividiamo 10 per 16 e il risultato è di 0,625 volt, cioè tutti i livelli di tensione di ingresso tra 6,25 e 6,875 volt saranno rappresentati, al momento della riproduzione, da un medesimo codice. Se invece, eleviamo a 8 il numero dei bit, divideremo 10 volt per 256, riducendo

Il convertitore AD in scala è il più classico di tutti.

il salto di tensione a 0,04 volt e disponendo, in questo caso, di 16 valori di tensione da inserire come 16 valori intermedi tra 6,25 e 6,875, quindi il segnale riprodotto sarà molto più simile a quello originale.

Dobbiamo tener conto che aumentando il numero di bit aumenta anche il tempo di conversione. Esiste sul mercato una grande varietà di convertitori, sia in tecnologia classica che in versione sigma delta.

La varietà è così grande che quando nasce una necessità particolare bisogna ricorrere ai costruttori; è molto interessante visitare le pagine Internet di Dallas semiconductor/MAXIM che presenta una grande varietà di modelli, accompagnata dai Data Sheet delle caratteristiche, e soprattutto dalle note esplicative.

Parametri

Vedremo ora come si elencano alcuni dei parametri che si utilizzano nei convertitori analogico digitali.

L'integrato ICL 7106 è un circuito molto noto e contiene un convertitore AD, utilizzato per costruire multimetri digitali.

L'integrato ICL 7106 contiene anche i driver necessari per pilotare direttamente un display LCD da 3 e 1/2 digit.

Il MAX 138CPL è una versione migliorata di ICL 7106.

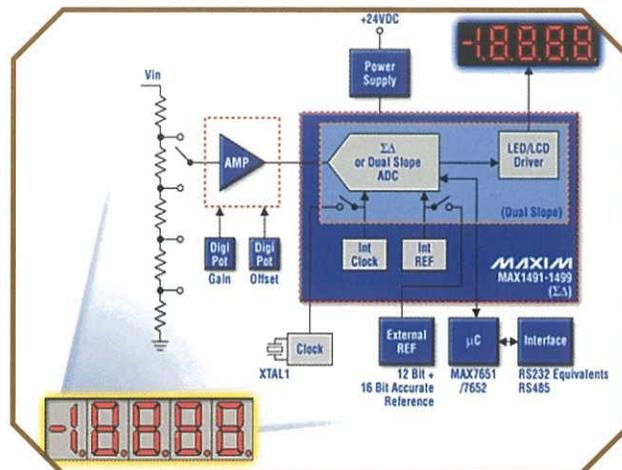
Risoluzione

È la minima variazione di tensione analogica d'ingresso che fa variare la word digitale di uscita al valore immediatamente successivo.

Tempo di conversione

È il tempo che trascorre da quando inizia la conversione della tensione analogica a quando si ottiene il segnale digitale.

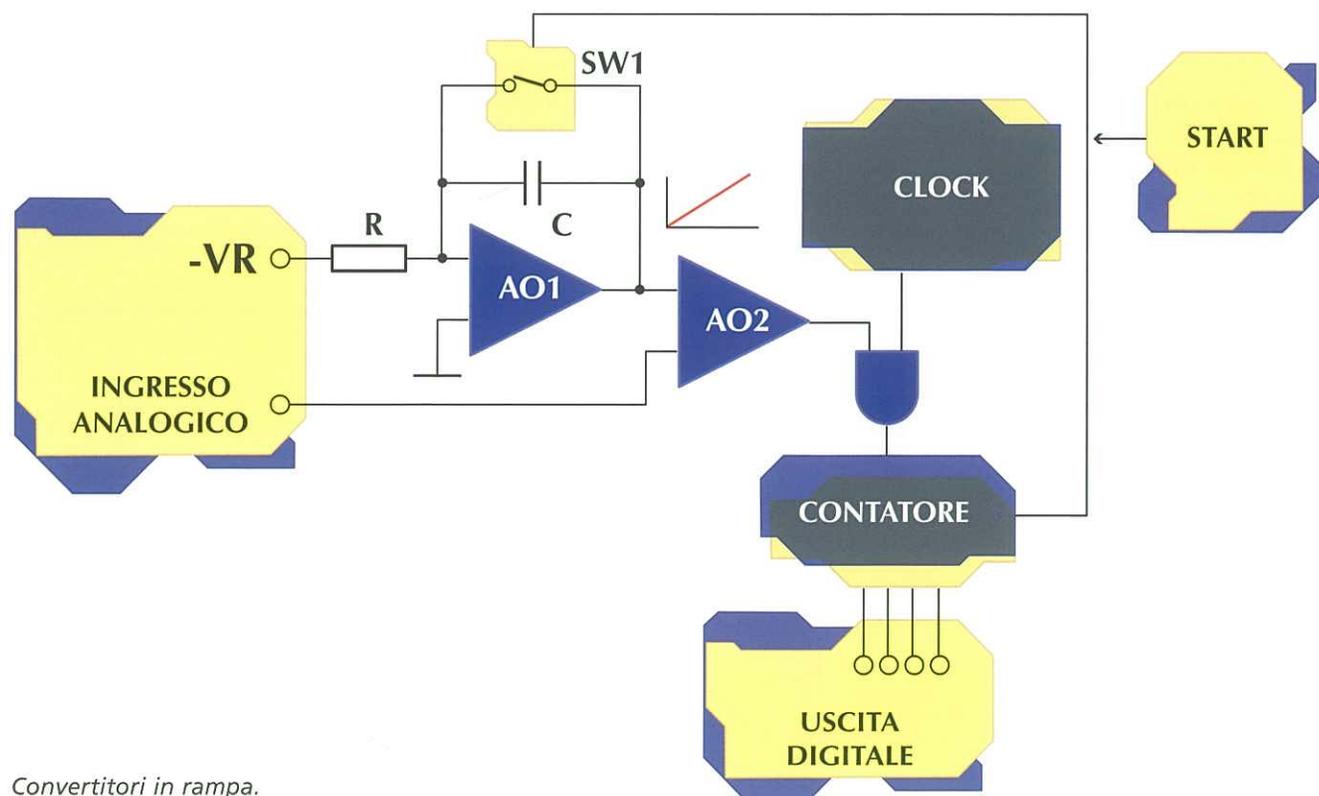
Codice di ingresso

Sono i codici binari con cui lavora il convertitore analogico digitale.

Con i nuovi convertitori di Dallas-Maxim si facilita la costruzione di strumenti e il loro collegamento con sistemi esterni.

Errore di spostamento

È il valore di tensione analogica di ingresso per ottenere la word con codice 000...0.

Errore di fondoscala

Lo produce l'amplificatore differenziale di uscita che può variare la retta di trasferimento.

Convertitori in rampa.

Segnali di controllo

Sono segnali tipici che vengono definiti per i convertitori AD:

- EOD termine della conversione: indica che il convertitore ha ottenuto il codice digitale corrispondente al livello del segnale analogico.
- Inizio della conversione: è l'ordine con cui i circuiti restano configurati per poter iniziare la conversione.
- Clock.

Conversione A/D in scala

Questo convertitore corrisponde a uno schema classico ed è riportato in tutte le pubblicazioni; è piuttosto lento e ha un funzionamento facile da capire. Il livello del segnale analogico che fornisce il circuito di campionamento e ritenzione, o il segnale in continua, si applica all'ingresso di un amplificatore differenziale configurato come comparatore. Quando arriva il segnale di inizio della conversione il contatore viene impostato a zero, si attiva il clock e inizia ad avanzare il conteggio del contatore, però, come possiamo vedere osservando il diagramma a blocchi della pagina precedente, l'uscita del contatore entra in un convertitore digitale analogico, il quale fornisce un livello di tensione che sale man mano che avanza il conteggio del contatore. Questa tensione si compara con la tensione analogica d'ingresso e quando la raggiunge cambia lo stato di uscita del comparatore e viene inviato il segnale al circuito di controllo per fermare il contatore. L'uscita del contatore è il codice digitale assegnato come corrispondente al livello che ha causato l'attivazione del comparatore, ed è uguale al livello di tensione analogico applicato all'ingresso. In questo tipo di convertitore, il tempo di conversione dipende dal livello del segnale analogico applicato all'ingresso.

Convertitori in rampa

Anche questo modello di convertitore è molto classico, utilizza un comparatore (AO2) e il segnale analogico è applicato all'ingresso non invertente dello stesso. Il circuito di controllo, oltre a impostare a zero il contatore, fa in modo che inizi la rampa di tensione dell'integratore, controllando, a questo scopo, l'interruttore SW. La rampa di tensione così ottenuta si applica all'altro ingresso del comparatore e, quando si raggiunge la tensione analogica d'ingresso, l'uscita del comparatore cambia livello e si ferma il contatore. Il dato presente in quel momento sul contatore è il codice digitale che viene assegnato alla tensione di ingresso.

I convertitori Sigma-Delta

Questi convertitori hanno un principio di funzionamento piuttosto complicato da spiegare, quindi non entreremo nel dettaglio, però è necessario sapere che esistono. Con questi convertitori, molto facili da integrare, è possibile ottenere un'alta risoluzione e un basso costo. Inoltre, questi circuiti integrati dispongono di funzioni addizionali per facilitare il loro collegamento al resto della circuiteria del dispositivo in cui sono utilizzati.

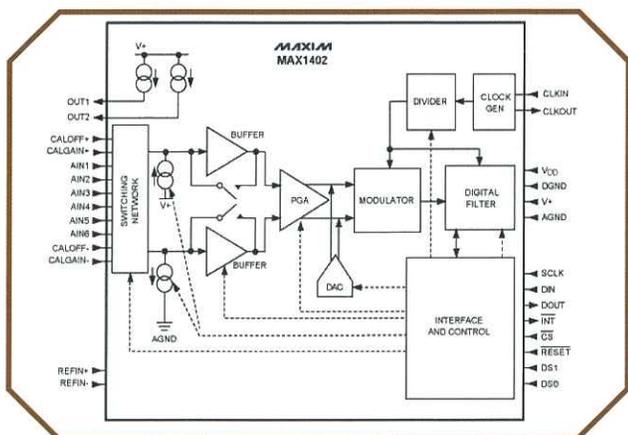



Diagramma a blocchi del convertitore MAX 1402 in tecnologia Sigma-Delta.

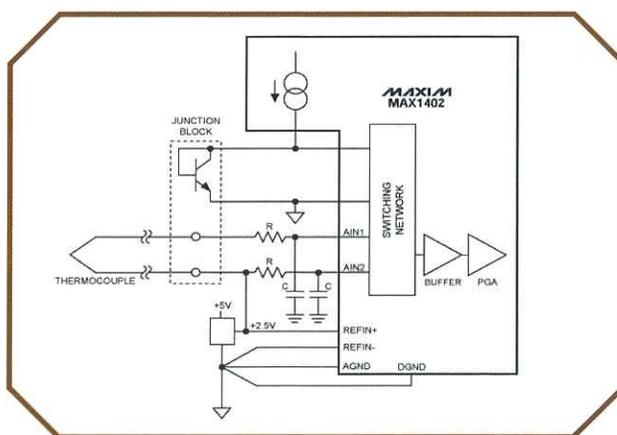



Diagramma semplificato di un convertitore D/A di Dallas-Maxim per indicatore di temperatura.

Avvicinandosi al PIC 16F870

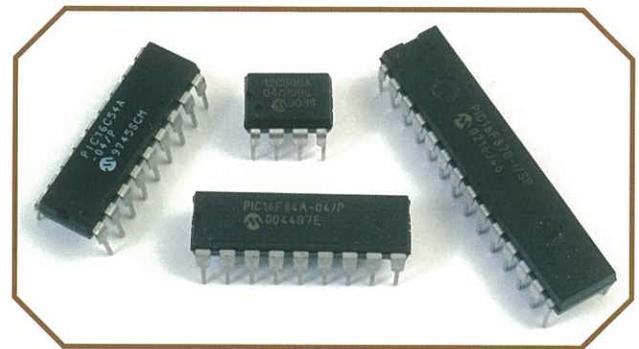
Fino a questo momento abbiamo visto i possibili microcontroller da utilizzare ma, a partire da questo momento, ci concentreremo su quello scelto e sulla sua programmazione. Analizzeremo le schede del nostro chip, per conoscere la funzione di ognuna delle sue parti, al fine di ottenere il massimo rendimento da questo dispositivo. In questo modo approfondiremo le conoscenze sul PIC16F870, acquisendo concetti applicabili a quasi tutti i controller.

Le quattro gamme dei PIC

Microchip ha sul mercato più di 100 modelli di microcontroller PIC che si dividono in quattro categorie o gamme, in base alle prestazioni che forniscono. Esiste una compatibilità in discesa del software, cioè, un programma che si può eseguire su un PIC a bassa potenza si può eseguire anche su uno a potenza superiore. Questa caratteristica unita alla flessibilità hardware fornita da questo microcontroller, permette ad un progettista con delle conoscenze su un modello specifico di implementare un sistema su qualsiasi altro PIC.

La gamma media

La gamma media è, per così dire, il capostipite di Microchip, è la più popolare ed è quella che dispone di un maggior ventaglio di possibilità. Tra le caratteristiche principali ricordiamo la semplicità, il basso consumo e il prezzo dei microcontroller.

All'interno dell'ampia diversità di microcontroller esistenti nella gamma media, passiamo dai semplici PIC12C6XX a 8 pin, fino ai più potenti e sofisticati PIC16F87X. In ogni caso, tutti i modelli di questa gamma hanno un insieme di 35 istruzioni con una lunghezza di 14 bit ciascuno e tutti presentano la stessa architettura di base. Le differenze si trovano nel tipo e nelle capacità della memoria, oltre che nella disponibilità di dispositivi e periferiche.

Alcuni PIC della gamma media.

Gestione di interrupt, programmazione "onboard" , stack da 8 livelli, sono alcune delle caratteristiche più rilevanti che insieme al numero elevato di modelli della gamma media dispongono di memoria FLASH, la quale si può scrivere e cancellare elettricamente, fanno di questa gamma una delle principali scommesse del futuro di Microchip.

La famiglia PIC16F87X

Questa famiglia nacque in seguito al grande successo di mercato che ebbe il PIC16F84. Tutte le previsioni di Microchip furono superate e il PIC16F84 diventò lo standard dei

Gamma migliorata	PIC18CXXX	**Repertorio di 77 istruzioni da 16 bit**
Gamma alta	PIC17CXXX	**Repertorio di 58 istruzioni da 16 bit**
Gamma media	PIC12C6XX, PIC16CXX	**Repertorio di 35 istruzioni da 14 bit**
Gamma di base	PIC12CXXX, PIC16C5X	**Repertorio di 33 istruzioni da 12 bit**

Gamma dei PIC.

Prodotto	Memoria del programma		EEPROM memoria dei dati bytes	RAM bytes	Terminali di I/O	Contenitore	Analogico	Digitale			Velocità Max. MHz	CCP/ ECCP
	Bytes FLASH	Words FLASH					Canali AD	PWM 10-bit	Temporizzatori /WDT	I/O Serie		
PIC16F84A	1792	1024x14	64	68	13	18P, 18SO, 20SS	NO	NO	1-8 bit, 1 WDT	NO	20	NO
PIC16F870	3584	2048x14	64	128	22	28SP, 28SO, 28SS	5 (10-bit)	1	2-8 bit,1-16 bit, 1 WDT	AUSART	20	1
PIC16F871	3584	2048x14	64	128	33	40P, 44L, 44PT	8 (10-bit)	1	2-8 bit,1-16 bit, 1 WDT	AUSART	20	1
PIC16F872	3584	2048x14	64	128	22	28SP, 28SO, 28SS	5 (10-bit)	1	2-8 bit,1-16 bit, 1 WDT	MI_C/SPI	20	1
PIC16F873	7168	4096x14	128	192	22	28SP, 28SO 28SS	5 (10-bit)	2	2-8 bit,1-16 bit, 1 WDT	AUSART/ MI_C/SPI	20	2
PIC16F874	7168	4096x14	128	192	33	40P, 44L, 44PQ, 44PT	8 (10-bit)	2	2-8 bit,1-16 bit, 1 WDT	AUSART/ MI_C/SPI	20	2
PIC16F876	14336	8192x14	256	368	22	28SP, 28SO	5 (10-bit)	2	2-8 bit,1-16 bit, 1 WDT	AUSART/ MI_C/SPI	20	2
PIC16F877	14336	8192x14	256	368	33	40P, 44L, 44PQ, 44PT	8 (10-bit)	2	2-8 bit,1-16 bit, 1 WDT	AUSART/ MI_C/SPI	20	2

Tabella comparativa PIC16F84 e PIC16F87X.

microcontroller. Microchip era riuscita a portare sul mercato un buon prodotto: semplice, affidabile, piccolo, economico e con memoria FLASH; ma era sempre possibile migliorarlo! Questo microcontroller aveva una memoria dei dati piuttosto scarsa e una memoria di programma da 1 K, solamente 13 linee di I/O e mancava di alcuni dispositivi facilmente compensabili mediante hardware.

Mantenendo la linea del PIC16F84 nacque la famiglia PIC16F87X, dotata di maggiori dispositivi, con una memoria FLASH potenziata e più capace.

Nella tabella comparativa si possono vedere le poche differenze che ci sono tra i microcontroller presentati, quindi, conoscendone uno risulta facile anche lavorare con gli altri.

Il PIC16F870

È arrivato il momento di analizzare il nostro microcontroller, di conoscerlo, di sapere cosa si nasconde in questo piccolo chip e cosa si può arrivare a fare con esso.

Di seguito sono riportate le caratteristiche di questo potente microcontroller e la sua architettura interna.

Caratteristiche generali di tutti i PIC

Il PIC16F870, analogamente al resto dei PIC, risponde a una architettura Harvard in cui la CPU si collega, in modo indipendente e con bus diversi, con la memoria delle istruzioni e con la memoria dei dati.

Viene applicata la tecnica della segmentazione nell'esecuzione delle istruzioni, quindi il processore può realizzare, nello stesso tempo, un'istruzione e la ricerca del codice di quella successiva.

Il formato di tutte le istruzioni ha la stessa lunghezza (14 bit nella gamma media, 12 bit nella gamma di base e 16 bit nelle altre gamme) e sono ortogonali, quindi possono utilizzare qualsiasi dispositivo come sorgente o come destinazione.

Processore RISC: computer con un insieme di istruzioni ridotto (35 nella gamma media).

Architettura basata su un banco di registri, per cui tutti i dispositivi del sistema (porte di I/O, temporizzatori, ecc.) sono implementati fisicamente come registri.

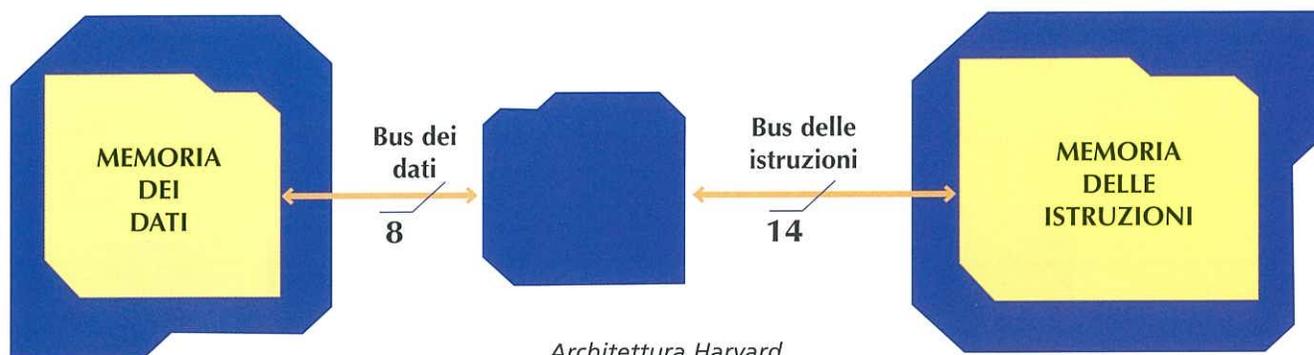
Il PIC16F870.

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F870	2K	128 Bytes	64 Bytes

FLASH Program Memory
Program Counter
8 Level Stack (13 bits)
Data Bus
RAM File Registers
RAM Addr (1)
Addr MUX
Program Bus
Instruction reg
Direct Addr
Indirect Addr
FSR reg
STATUS reg
MUX
ALU
W reg
Instruction Decode & Control
Timing Generation
OSC1/CLKIN
OSC2/CLKOUT
Power-up Timer
Oscillator Start-up Timer
Power-on Reset
Watchdog Timer
Brown-out Timer
In-Circuit Debugger
Low-Viltage Programming
MCLR
VDD, VSS
PORTA: RA0/AN0, RA1/AN1, RA2/AN2/VREF-, RA3/AN3/VREF+, RA4/T0CKI, RA5/AN4
PORTB: RB0/INT, RB1, RB2, RB3/PGM, RB4, RB5, RB6/PGC, RB7/PGD
PORTC: RC0/T1OSO/T1CKI, RC1/T1OSI, RC2/CCP1, RC3, RC4, RC5, RC6/TX/CK, RC7/RX/DT
Timer0
Timer1
Timer2
10 bit A/D
Data EEPROM
CCP1
USART

Architettura interna del PIC16F870.

Caratteristiche del PIC16F870

Nella tabella sono indicate le principali caratteristiche del microcontroller 16F870, però non sappiamo ancora come funziona, come possono interagire i diversi moduli per fare in modo che nel suo insieme, il chip possa dare la soluzione per i nostri progetti. È necessario uno studio della sua architettura interna, vedere e capire ciò che vi è all'interno del chip; a questo scopo, Microchip fornisce lo schema della sua architettura interna.

Architettura Harvard.

Architettura interna del PIC16F870

La memoria di programma (FLASH) è indirizzata dal contatore di programma (PC) da 13 bit che contiene l'istruzione successiva che deve essere eseguita ed è legato ad uno stack a 8 livelli, dove viene salvato l'indirizzo di ritorno in caso di chiamata a subroutine o interrupt.

La memoria RAM dei dati può indirizzarsi in forma diretta o indiretta tramite un multiplexer. Un multiplexer è un dispositivo cui si collegano degli ingressi e che mediante un segnale di controllo sceglie di aprire la via verso un'uscita oppure un'altra.

L'indirizzamento è il modo di accedere a una determinata cella della memoria. Bisogna prendere l'informazione richiesta da una cella specifica all'interno della memoria, a questo scopo è necessario indicare il suo indirizzo.

Il decodificatore di istruzioni interpreta queste ultime e ha il compito di fare in modo che ALU o Unità Aritmetico Logica realizzi le operazioni corrispondenti. Tramite il registro di lavoro W si riceve un operando oppure un altro tramite un multiplexer, che discriminerà tra il bus dei dati o la propria istruzione. Il risultato dell'operazione passerà al registro di lavoro o al bus dei dati.

Tramite i terminali VDD e VSS si applica la tensione di alimentazione da +5 V e massa. Per eseguire un reset si imposta a livello basso il terminale MCLR. Sui terminali OSC1/CLKIN e OSC2/CLKOUT si monterà il quarzo che determina la frequenza di lavoro del microprocessore.

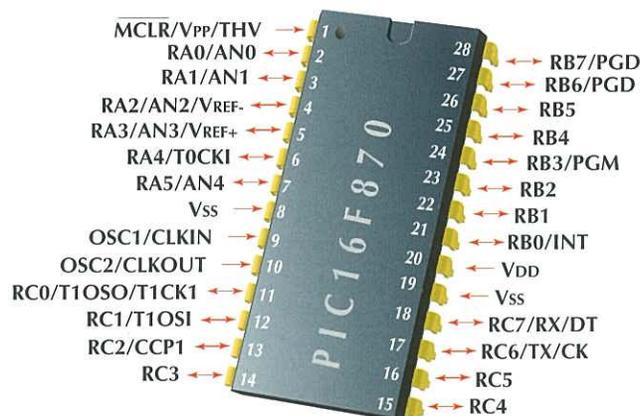
Il resto dei pin corrisponde a ingressi e uscite, anche se molte di esse hanno altre funzioni multiplexate.

Il chip si completa con i dispositivi speciali di cui dispone: temporizzatori, moduli di comunicazione, convertitori, ecc.

Dopo questa introduzione al PIC16F870 siamo già pronti per iniziare un'analisi più approfondita. Vogliamo che conosciate nel dettaglio il microcontroller, perché in questo modo vi risulterà molto più semplice capire la sua programmazione.

Caratteristiche	PIC16F870
Frequenza di funzionamento	DC – 20 MHz
Reset (e ritardi)	POR, BOR (PWRT, OST)
Memoria di programma FLASH (14-bits words)	2 K
Memoria dei dati (bytes)	128
Memoria dei dati EEPROM	64
Interrupt	10
Porte di I/O	Porte A, B, C
Temporizzatore	3
Modulo Capture/Compare/PWM	1
Comunicazione seriale	USART
Comunicazione parallela	---
Modulo Analogico/Digitale 10 -bit	5 canali di ingresso
Set di istruzioni	35 istruzioni

Caratteristiche del PIC16F870.

PIC16F870
1 MCLR/VPP/THV — 28 RB7/PGD
2 RA0/AN0 — 27 RB6/PGD
3 RA1/AN1 — 26 RB5
4 RA2/AN2/VREF- — 25 RB4
5 RA3/AN3/VREF+ — 24 RB3/PGM
6 RA4/T0CKI — 23 RB2
7 RA5/AN4 — 22 RB1
8 VSS — 21 RB0/INT
9 OSC1/CLKIN — 20 VDD
10 OSC2/CLKOUT — 19 VSS
11 RC0/T1OSO/T1CK1 — 18 RC7/RX/DT
12 RC1/T1OSI — 17 RC6/TX/CK
13 RC2/CCP1 — 16 RC5
14 RC3 — 15 RC4

Piedinatura dei 28 pin del PIC16F870.